

На практике данный алгоритм реализован в среде системы Omron CX Supervisor в виде виртуальной работы, которая может использоваться при лабораторном практикуме по дисциплине «Кондиционирование воздуха».

#### Список использованных источников

1. Штейн А. С. Кондиционеры фирмы DAIKIN: курс лекций [Электронный ресурс]. URL: <http://www.sfkonvent.ru/dbfs/cdoc/doc10.pdf> (дата обращения 13.11.2017).
2. Богословский В. Н., Кокорин О. Я., Петров Л. В. Кондиционирование воздуха и холодоснабжение. М. : Стройиздат, 1985. 367 с.
3. Колодяжный С. А., Сотникова К. Н., Кавыгин А. А. Автоматизированный расчет процесса охлаждения воздуха в жидкостном теплообменнике // Вестник Воронежского государственного технического университета. 2013. Вып. 2. Т. 9. С. 98–102.

УДК 621.181:662.921

## **ОСНОВНЫЕ ПРОБЛЕМЫ СОЗДАНИЯ ВИХРЕВЫХ ГОРЕЛОК СО СЖАТИЕМ ПОТОКА НА ВХОДЕ КОНУСАМИ**

### **BASIC PROBLEMS OF CREATION OF WORTEX BURNERS WITH COMPRESSION OF THE FLOW AT THE INLET CONES**

Блинова Я. О., Потапов В. Н.

Уральский федеральный университет, г. Екатеринбург,  
blinyana@yandex.ru

Blinova Y. O., Potapov V. N.

Ural Federal University, Ekaterinburg

**Аннотация:** На базе анализа экологически безопасных горелок установлены проблемы создания новых конструкций.

**Abstract:** Based on the analysis of environmentally friendly burners the problem of creating new designs revealed.

**Ключевые слова:** горелки, факела, экономика, экология.

**Key words:** burner; flame; economics; ecology.

Вихревые горелки факельного сжигания природного газа очень широко распространены. Однако конструкции с диафрагмированием выходного воздушного канала для сужения области корня факела и повышения скоростей в зоне воспламенения топлива имеют весьма ограниченное распространение. Это связано с их аэродинамическим сопротивлением, с сильным снижением крутки факела, вызывающим снижением интенсивности и диаметра приосевого обратного тока в области воспламенения и стабилизации горения горящего факела газ.

Однако именно горелки с сужающимися, диафрагмированными выходными кагалами при тщательной проработке конструкции и ее качественном исполнении обеспечивают сегодня рекорд подавления выхода оксидов азота при сжигании газа одновременно с глубоким снижением неполноты сгорания, а также и выбросов канцерогенных углеводородов. Конструкции представляют демонстрируют хорошо сбалансированный компромисс и тонкое понимание происходящих процессов в горелке и в ее факеле, обычно на основе более широких физических представлений о вихре (или сильно закрученном потоке с осевым стоком).

В качестве примера приведем горелки камер сгорания мощных газовых турбин фирмы Siemens серии, названной ранее «За», которые выпускаются, начиная с 1991–1993 гг. (рис. 1), Горелки в широком диапазоне нагрузок обеспечивают сжигание газа с концентрациями оксидов азота на выходе из газовой турбины на уровне 15–16 мг/м<sup>3</sup> при и содержании оксида углерода (CO) в продуктах сгорания не более 5–8 % мг/м<sup>3</sup>. В пределах погрешности измерений штатными газоанализаторами на европейских ТЭС и отнесением концентраций этих веществ к объемным концентрациям O<sub>2</sub> в продуктах сгорания новых газовых турбин всего лишь 9 %. Отнесение к избыткам

воздуха 1,17 (3 %  $O_2$ ) в тех же странах соответствует концентрациям оксидов азота при сжигании газа концентрациям примерно в 20–23  $мг/м^3$  и концентрациям СО около 10–15  $мг/м^3$ .

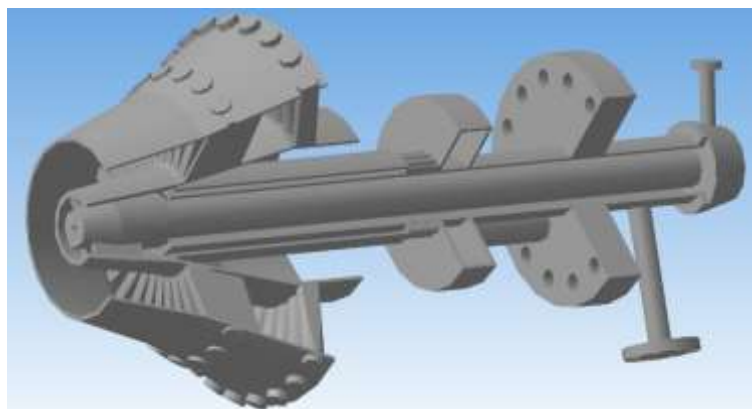


Рис. 1. Горелка мощных газовых турбин Siemens для экологически чистого сжигания газа

Особенностью этой конструкции, которые обеспечивают все ее преимущества, можно считать три этапа отработки всех приемов воздействия на аэродинамическую структуру формируемого горелкой закрученного потока и горящего факела на его основе. Причем все эти воздействия отработаны на разную глубину процесса развития закрученного горящего факела, и они существенно отличаются по радиусу любого поперечного сечения исходного воздушного вихря и развития его в горящий факел по его длине. Это реализует сложную, пока недоступную в полном объеме для анализа схему горения для основных разработчиков схем сжигания газа в газовых турбинах на рынке этих современных стационарных агрегатов. Эту схему нельзя сводить в простому традиционному разделению горящего факела по его длине и по его поперечным сечениям на зоны кинетического или диффузионного горения, а механизмы подавления выбросов оксидов азота на одно, двух- или трехстадийное сжигание природного газа.

Высокие результаты сжигания газа и мазута отечественными горелками сходных схем (рис. 2, а) были достигнуты на котлах ПК-47 ВТГРЭС, где в начале 80-х годов они были реконструированы по проекту кафедры ТЭС УПИ при участии студентов. Первоначально это были горелки инженеров УО ОРГРЭС, часто называемых также

горелками Липинского, но в варианте, предложенном ЦКТИ (1962 г.) с их «шахматным» расположением на боковых стенах топок котлов. Горелки имеют предельную среди известных единичную тепловую мощность 70–73 МВт, что должно было повышать местные тепловые напряжения и температуры горения в факелах и усиливать выход  $\text{NO}_x$ . Однако на практике было иначе, особенно после реконструкции (рис. 2, б) с использованием предложений, включенных в дипломные проекты студентов кафедры ТЭС. В их основу положены результаты исследования, выполненного ранее на кафедре ТЭС УПИ, и до того неизвестного специалистам совершенно нового способа управления структурой и крутой сильно закрученных потоков (вихрей), названного позже струйным радиальным вдувом (СРВ), (или RJB – radial jet blowing). Эта технология при исследовании и внедрении ранее уже доказала уникальные возможности для стабилизации воспламенения топлива, которые и надежнее, и экономичнее, чем даже установка выходных рассекателей и лопаточных регистров, как это до и после того было многократно реализовано в разных странах на самых успешных и эффективных горелках.

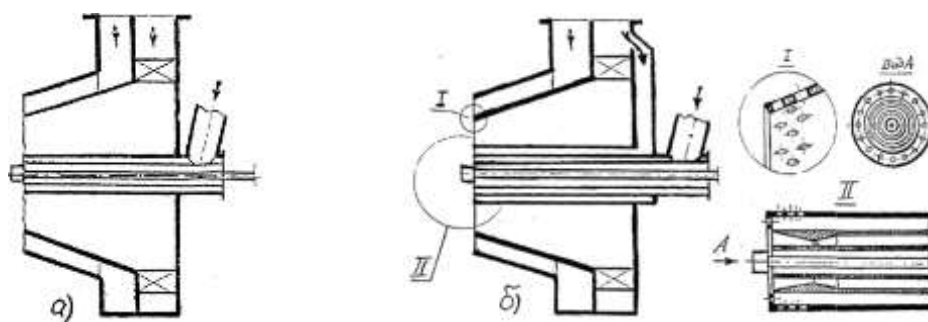


Рис. 2. Горелки котлов ПК-47 вариант ЦКТИ-ОРГРЭС (а) и УПИ (б)

Очень мощные горелки котлов ПК-47, реконструированные по варианту кафедры ТЭС (рис. 2, б) обеспечили одновременно, как устойчивое снижение концентраций  $\text{NO}_x$  до 100–120 мг/м<sup>3</sup>, так и при практически полном отсутствии химической неполноты сгорания (концентрации СО не выше 20–30 мг/м<sup>3</sup>) при сжигании природного газа. Они обеспечили, видимо впервые на мощных отечественных котлах первичного стадийного сжигания газа в восстановительной

атмосфере и рекордное снижение эксплуатационных избытков воздуха в дымовых газах за топкой, которые по данным официальной отчетности ВТГРЭС после присосов воздуха в газовый тракт шести топок многие годы показывали коэффициенты избытка воздуха, не превышавшие значений 1,02.

Наработанный материал, полученный при эксплуатации горелок котлов ПК-47 (рис. 2, б), а также новые материалы, полученные уже на группе малых инновационных форм руководителем работы, дают возможность еще более эффективно решить три главные проблемы, развития конструкций горелок с выходными конусами и пониженной сверх принятого сегодня снижением крутки горящего факела. Прежде всего, это сохранение и интенсификация присосового обратного тока в корне горящего факела, а также более эффективное и рациональное предварительное подмешивание части газообразного топлива перед его более устойчивым воспламенением в корне факела.

УДК 536. 2(075)

## **ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ МОЩНОСТИ НЕОРЕБРЕННОГО ТЕПЛООБМЕННИКА НОВОЙ КОНСТРУКЦИИ**

## **EXPERIMENTAL STUDY OF POWER HEAT EXCHANGER WITH PIPES WITHOUT RIBS NEW DESIGN**

Бранфилева А. Н., Шеин В. М.

Самарский государственный технический университет,  
Bran.A.68@yandex.ru

Branfileva A. N., Shein V. M.  
Samara State Technological University

**Аннотация.** В данной работе приведены результаты исследований газо-водяного теплообменника новой конструкции из